

VU Research Portal

Verminderde proprioceptie bij RSI.

van Oostrom, S.H.; Huijsmans, M.A.; Hoozemans, M.J.M.; van Dieen, J.H.

published in

Nederlands Tijdschrift voor Fysiotherapie
2007

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

van Oostrom, S. H., Huijsmans, M. A., Hoozemans, M. J. M., & van Dieen, J. H. (2007). Verminderde proprioceptie bij RSI. *Nederlands Tijdschrift voor Fysiotherapie*, 117, 49-53.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Verminderde proprioceptie bij RSI

Drs. S.H. van Oostrom

Instituut voor Fundamentele en Klinische Bewegingswetenschappen (IFKB), Faculteit der Bewegingswetenschappen, Vrije Universiteit, Amsterdam; Body@work, Amsterdam; Instituut voor Extramuraal Geneeskundig Onderzoek - EMGO, VU Medisch Centrum, Amsterdam

Drs. M.A. Huysmans

Instituut voor Fundamentele en Klinische Bewegingswetenschappen (IFKB), Faculteit der Bewegingswetenschappen, Vrije Universiteit, Amsterdam; Body@work, Amsterdam

Dr. M.J.M. Hoozemans

Instituut voor Fundamentele en Klinische Bewegingswetenschappen (IFKB), Faculteit der Bewegingswetenschappen, Vrije Universiteit, Amsterdam; Body@work, Amsterdam

Prof. dr. J.H. van Dieën

Instituut voor Fundamentele en Klinische Bewegingswetenschappen (IFKB), Faculteit der Bewegingswetenschappen, Vrije Universiteit, Amsterdam

Correspondentieadres

De heer prof. dr. J.H. van Dieën
Faculteit der Bewegingswetenschappen
Van der Boechorststraat 9
1081 BT Amsterdam
E: j.vandieen@fbw.vu.nl

Langdurige statische spieractiviteit en schade aan spierweefsel veroorzaken accumulatie van metabolieten en elektrolyten waardoor nociceptorische zenuwen worden geactiveerd. Dit kan een feedbacklus initiëren, waardoor de spierspoelen in de spieren minder gevoelig worden voor veranderingen in spierlengte. Zo ontstaat een verminderde proprioceptie, die een minder efficiënte coördinatie tot gevolg kan hebben. Dit zou in precisietaken gecompenseerd worden door een hogere spieractiviteit (cocontractie) om de prestatie te handhaven, waarmee een vicieuze cirkel leidend tot RSI zou ontstaan.

Literatuurstudie ondersteunt de veronderstelde relatie tussen vermoeidheid en verminderde proprioceptie als gevolg van een verminderde gevoeligheid van de spierspoel. Minder duidelijkheid bestaat er over de relatie tussen pijn en proprioceptie. In het algemeen leidt pijn tot een daling van spieractiviteit, die de veronderstelde vicieuze cirkel zou openbreken. Taakeisen, zoals benodigde precisie en werkdruk, kunnen deze aanpassing van spieractiviteit bij pijn echter inperken.

Bij RSI of vergelijkbare aandoeningen van het bewegingsapparaat is weinig onderzoek gedaan naar veranderingen van de proprioceptie. Wel vormen minder vloeiende bewegingen en grotere afwijkingen van opgelegde bewegingstrajecten een indirecte aanwijzing voor verminderde proprioceptie en wijst een verhoogde pendruk op een mogelijk compensatiemechanisme gepaard gaand met verhoogde spierspanning. Meer onderzoek naar proprioceptieveranderingen bij RSI-patiënten is noodzakelijk. Indien de theorie wordt bevestigd, zijn in de behandeling RSI-training van de sensomotorische koppeling en de coördinatie geïndiceerd.

Patiënten met Repetitive Strain Injury (RSI), ook wel aangeduid met 'Complaints of the Arm, Neck and Shoulder' (CANS),¹ worden voor behandeling regelmatig doorverwezen naar de fysiotherapeut.

Op dit moment ontbreekt echter een richtlijn voor de fysiotherapeutische behandeling van RSI, en worden verschillende behandelingen toegepast: van massage en ontspanningsoefeningen tot krachttraining om de belastbaarheid te verhogen. Ook wordt vaak aandacht besteed aan de inrichting van de werkplek, de psychosociale aspecten van het werk en het leren omgaan met pijn. Onderzoek naar de effectiviteit van behandelingen en reïntegratiemethoden bij RSI is belangrijk om te komen tot een 'evidence-based' richtlijn.

In een programmeringsstudie naar RSI-maatregelen, uitgevoerd in opdracht van de ministeries van Sociale Zaken en Werkgelegenheid en van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, heeft onderzoek naar de effectiviteit van oefentherapie* de hoogste prioriteit gekregen.^{2,3} Op basis van de bevindingen werd geconcludeerd dat er beperkt bewijs is wat betreft de effectiviteit van oefentherapie ten opzichte van een controlegroep zonder behandeling en dat er beperkt bewijs is dat oefentherapie effectiever is dan massage. De aard van de oefeningen (krachttraining, duurtraining of coördinatieoefening) leek niet van invloed op de effectiviteit.

Om te komen tot een optimaal effectieve oefentherapeutische behandeling is meer duidelijkheid over de ontstaansmechanismen van RSI van groot belang. Vanwege de betrokkenheid van meerdere structuren, de variëteit aan symptomen en de multifactoriële

Key points

- RSI gaat mogelijk gepaard met een verminderde proprioceptie.
- RSI-patiënten voeren precisietaken mogelijk uit met een verhoogde spieractivatie.
- Indien deze theorie wordt bevestigd, verdient het herstel van de sensomotorische koppeling en de coördinatie aandacht bij de behandeling van RSI.

aard van RSI is het niet mogelijk om te spreken van 'het ontstaansmechanisme' van RSI. Het is denkbaar dat bij het ontstaan van RSI een of meer interacterende mechanismen een rol spelen.³

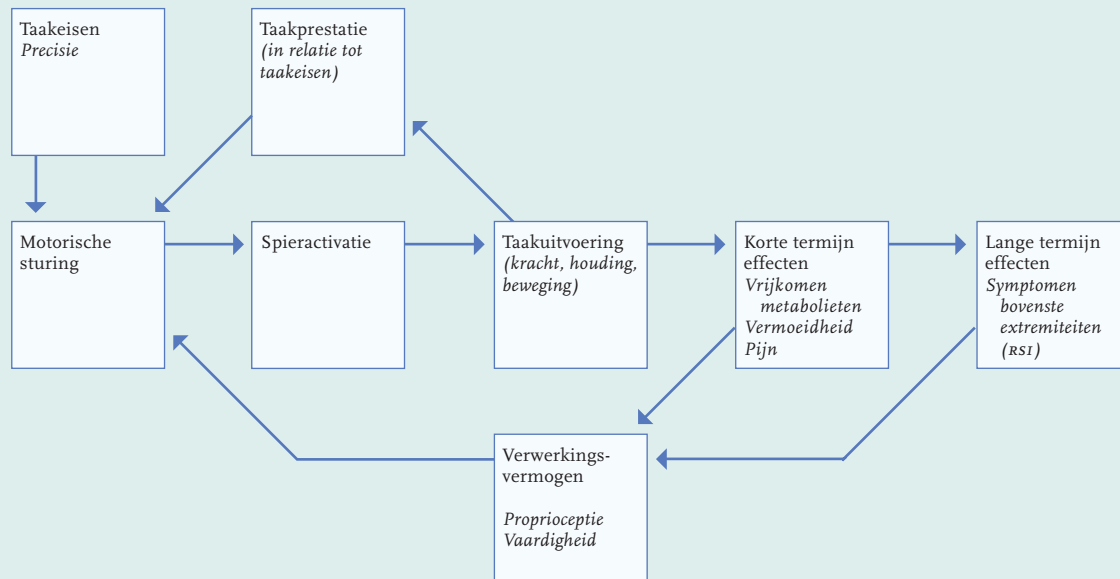
In dit artikel wordt een mogelijk ontstaansmechanisme van RSI behandeld waarin proprioceptie centraal staat. Aan de hand van wetenschappelijke literatuur zal de plausibiliteit van dit mechanisme worden onderzocht.

De vicieuze cirkel van proprioceptievermindering en verhoogde spieractiviteit

Door Johansson *et al.* wordt op basis van diverse onderzoeksresultaten voorgesteld dat een vermindering van de proprioceptie een centrale rol speelt in het ontstaan van RSI.⁴ Deze veranderde proprioceptie is het gevolg van een keten van gebeurtenissen die staan weergegeven in *figuur 1*. Accumulatie van metabolieten en elektrolyten in spieren als gevolg van langdurige spieractiviteit, kan

* Het door de fysiotherapeut uitvoeren van bewegingen aan de patiënt of doen uitvoeren van bewegingen door de patiënt. In het geciteerde rapport wordt oefentherapie gezien als een therapie die zowel door fysiotherapeuten als oefentherapeuten (Cesar en Mensendieck) gegeven kan worden.²

Figuur 1 Schematische weergave van de mogelijke rol van proprioceptie bij het ontstaan van RSI.



Het weergegeven model is een uitbreiding van het model Arbeidsbelasting van Van Dijk *et al.*⁵ met de hypothese volgens Johansson *et al.*⁴ In het model beïnvloeden of bepalen taakeisen (precisie) de motorische sturing waardoor spieren worden geactiveerd en de taak wordt uitgevoerd. Afhankelijk van de taakprestatie (in relatie tot taakeisen), bijvoorbeeld wanneer niet goed genoeg gepresteerd wordt, kan of moet de motorische sturing worden aangepast. Als gevolg van de taakuitvoering, ofwel het uitvoeren van bewegingen en het uitoefenen van krachten, ontstaan er kortetermijneffecten. Hierbij kan gedacht worden aan pijn, vermoeidheid en het vrijkomen van metabolieten. Zoals verondersteld door Johansson *et al.* kunnen deze kortetermijneffecten de proprioceptie (onderdeel van het verwerkingsvermogen) verstoren, waardoor de motorische sturing verstoord wordt.⁴ Hierdoor kan de taakuitvoering veranderen en ook de taakprestatie. Om toch aan de taakeisen te voldoen, moet de motorische sturing weer aangepast worden. Verondersteld wordt dat bijvoorbeeld cocontractie en een hogere spieractiviteit nodig zijn voor het voldoen aan de taakeisen. De kortetermijneffecten hiervan zouden de vicieuze cirkel versterken. Op den duur zouden ook langetermijneffecten (RSI) kunnen ontstaan, die ook de vicieuze cirkel in stand kunnen houden.

dunvezelige nociceptorische zenuwen in de spier activeren. De activatie van deze zenuwen start een feedbacklus, die de gevoeligheid van spierspoelen vermindert (zie voor een uitgebreide beschrijving Hoozemans *et al.*).⁶ Dit betekent dat de spierspoelen in de actieve spier minder goed de lengteveranderingen van een spier kunnen detecteren, hetgeen leidt tot een verminderde proprioceptie, waardoor bewegingssturing aan meer ruis onderhevig zou zijn.⁷ Dit kan worden gecompenseerd door langzamer bewegen, maar wanneer de uit te voeren taak dit niet toelaat, zou men de precisie kunnen handhaven door met behulp van cocontractie (het tegelijk aanspannen van buigers en strekkers rondom een gewricht) de stijfheid van de extremitet te verhogen. Een hogere stijfheid rondom bijvoorbeeld het ellebooggewricht zorgt voor een nauwkeuriger controle over de positie van de hand.⁸ Door de verhoogde spieractivatie is echter de belasting van de spieren hoger, waardoor snellere accumulatie van metabolieten en elektrolyten optreedt. Hierdoor ontstaat een vicieuze cirkel. Een tweede feedbacklus kan ontstaan doordat zenuwen vanuit spierspoelen in verbinding staan met andere spierspoelen van vlakbij gelegen (niet-actieve of niet-‘aangedane’) spieren. Zo kan een verhoogde activiteit van de spierspoel worden doorgegeven aan andere spierspoelen. Op deze wijze kan verklaard worden waarom uitbreiding van de klachten naar omliggende spieren vaak optreedt.⁹ Tevens kan de vermindering van de gevoeligheid van de spierspoel in stand gehouden worden door deze lus, zonder dat

daarvoor een voortdurende verhoogde concentratie van metabolieten of elektrolyten nodig is. Dit zou de chroniciteit van klachten kunnen verklaren.

In het vervolg van dit artikel wordt de geschetste theorie aan de literatuur getoetst door de invloed van vermoeidheid op de proprioceptie vast te stellen. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van wat bekend is over het effect van pijn op de proprioceptie. De processen die bij vermoeidheid en pijn optreden, kunnen indicatief zijn voor wat er bij RSI met de proprioceptie gebeurt. Als laatste wordt onderzoek besproken dat bij patiënten met RSI is verricht.

Het effect van vermoeidheid op proprioceptie

De eerste vraag is of de proprioceptie beïnvloed kan worden door spierversmoeidheid. In dit artikel gaat het met name om proprioceptie vanuit spierreceptoren (m.n. spierspoeltjes), hoewel gewrichtsreceptoren en huidreceptoren ook bijdragen aan de proprioceptie. Spierversmoeidheid wordt gedefinieerd als een afname van de kracht genererende capaciteit van een spier. Vermoeidheid ontwikkelt zich vanaf het begin van een taak totdat het punt van uitputting bereikt wordt en gaat gepaard met een scala aan veranderingen in de spier.¹⁰ Een groot aantal bronnen, onder meer de onderzoeken van Pedersen *et al.* en Carpenter *et al.*, laat zien dat vermoeidheid die is opgewekt door hoog-intensieve contracties een afname van de proprioceptie en motorische controle met zich meebrengen.^{11,12} We richten ons hier echter op vermoeidheid die is opgewekt door laag-intensieve contracties.

In eerste instantie lijkt het onwaarschijnlijk dat laag-intensief werk, zoals computerwerk, leidt tot substantiële vermoeidheid. Echter, spiervezels die deel uitmaken van de kleine motorische eenheden worden tijdens langdurige statische belasting voortdurend belast. Deze gaan namelijk als eerste aan en als laatste uit. Hoewel de belastingsintensiteit voor de spier als geheel laag is, is deze voor de betreffende eenheden hoog, waardoor lokaal vermoeidheid kan ontstaan.¹³ Zo vonden Farina *et al.* al na 5 minuten op een intensiteit van slechts 2% van een maximale vrijwillige contractie al tekenen van vermoeidheid in de motorische eenheden die vanaf het begin van de contractie actief waren.¹⁴ Ook toonden deze onderzoekers aan dat steeds meer motorische eenheden actief werden naarmate de contractie langer duurde.

Rosendal *et al.* rapporteerden het vrijkomen van metaboliëten en elektrolyten bij laag-intensieve repeterende armcontracties in delen van de musculus trapezius descendens.¹⁵

Björklund *et al.* onderzochten of vermoeidheid door laag-intensief repeterend werk van invloed is op de proprioceptie.¹⁶ Het positiegevoel in de schouder werd met een functietest getest voor en na een laag-intensieve repeterende armtaak (nabootsing van een assemblagetaak).¹⁷ De deelnemers aan het onderzoek moesten geblinddoekt hun arm op een horizontale ondersteuning plaatsen. Vervolgens moesten zij verschillende posities in het horizontale vlak (15° en 30° adductie, 60° en 70° abductie) reproduceren. Na de repeterende armtaak was de prestatie van de deelnemers significant slechter dan voor de taak, wat erop duidt dat vermoeidheid veroorzaakt door laag-intensieve arbeid een negatief effect heeft op het positiegevoel.

Een afname van het bewegingsgevoel werd ook aangetoond door Pedersen door lokale vermoeidheid op te wekken met behulp van twee minuten durende isokinetische schouderrotaties op 10% van de maximale vrijwillige contractiekracht.¹¹ De proefpersonen vertoonden na de vermoeidheidstaak een verminderd vermogen om verschillende snelheden van rotatie van de schouder te onderscheiden.

Er is dus bewijs voor de negatieve invloed van vermoeidheid op de proprioceptie, ook na inspanning op lage intensiteit. De verminderde sensitiviteit van de spierspoeltjes lijkt hiervoor de meest waarschijnlijke verklaring. Met een verminderde proprioceptie is het moeilijker nauwkeurig bewegingen uit te voeren. Door een verhoogde activatie van agonisten en antagonist kan onder invloed van visuele informatie toch vaak zodanig bijgestuurd worden dat aan de taakeisen voldaan wordt. Echter, dezelfde taak wordt dan wel uitgevoerd met een hogere belasting voor de betrokken spieren.¹⁸

Het effect van pijn op proprioceptie In experimenten wordt pijn vaak geïnduceerd door een injectie van een hypertone zoutoplossing in de spier. De resultaten ten aanzien van de invloed van pijn op de proprioceptie en motorische controle met betrekking tot de bovenste extremiteit zijn beperkt en deels onderling strijdig. In onderzoek van Birch *et al.* werd een muis-

taak uitgevoerd met en zonder geïnduceerde pijn in de musculus extensor carpi ulnaris.¹⁹ De taak werd in beide gevallen met hetzelfde resultaat uitgevoerd. Dezelfde injectie in de musculus trapezius leidde ook niet tot een verandering van de prestatie.²⁰ In andere experimentele pijnstudies werd wel een prestatieverandering gevonden, maar dit betrof een lagere maximale vrijwillige contractie en veranderde bewegingsamplitudes.^{21,22} In een studie werd direct het effect op proprioceptie onderzocht in de onderste extremiteit en werd een verhoogde detectiedrempel voor bewegingen van de enkel gevonden na induceren van pijn in de musculus triceps surae.²³

Pijn lijkt echter ook op een andere wijze van invloed te zijn op de coördinatie van spieractiviteit. Diverse studies wijzen erop dat spieractivatie verlaagd is wanneer de pijnlijke spier als agonist functioneert, en verhoogd wanneer een pijnlijke spier de antagonist is.²⁴ Deze inhibitie van agonistische activiteit en stimulering van de antagonist remt bewegingssnelheid en lijkt erop gericht de structuren die pijn veroorzaken te ontzien. Deze aanpassing zou de veronderstelde vicieuze cirkel in het ontstaan van rsi doorbreken. Echter, het blijkt dat taakeisen het optreden van deze aanpassing van de spieractiviteit kunnen beïnvloeden. Na opwekking van pijn in de musculus extensor carpi ulnaris werd bij een taak met lage precisie de pijnlijke spier geïnhibeerd. Bij een taak met hoge precisie-eisen bleek de spieractiviteit gelijk te blijven aan de spieractiviteit bij uitvoering van de taak zonder pijn. Dit duidt erop dat taakvereisten een gewenste aanpassing van de spieractiviteit onmogelijk maken, waardoor het risico op klachtenontwikkeling en de kans op schade toenemen.¹⁹

rsi en proprioceptie Met het verminderen van de proprioceptie wijkt de beweging steeds meer en steeds vaker af van de gewenste gewrichtsposities of bewegingstrajecten. Personen bij wie helemaal geen proprioceptie meer aanwezig is (gedeaifferentieerde patiënten), blijken grote fouten te maken in de bewegingsuitvoering.²⁵ Om toch bewegingen te kunnen optimaliseren, reduceren deze personen het aantal vrijheidsgraden van een beweging door met behulp van cocontractie de gewrichtsstijfheid te verhogen.²⁵ De vragen die nu gesteld kunnen worden zijn of rsi-patiënten ook problemen ondervinden bij het nauwkeurig uitvoeren van precisietaken en of zij bij het uitvoeren van precisietaken gebruik maken van compensatiemethoden, zoals het verhogen van de stijfheid. Slechts in één studie liet men patiënten een functietest uitvoeren waarbij het visuele systeem werd geblokkeerd.²⁷ De resultaten hiervan toonden dat de herpositionering van het hoofd bij patiënten met chronische nekkachten minder nauwkeurig was dan die van controlepersonen. Dit komt overeen met de verwachting dat rsi-patiënten dezelfde soort fouten maken als gedeaifferentieerde patiënten.

Meer onderzoek werd gevonden over het uitvoeren van motorische controletaken door rsi-patiënten. Bij een motorische controletaak moet een precieze taak worden uitgevoerd waarbij al of niet zicht op de taak en armen/handen wordt toegestaan.

Motorische controletaak

Een voorbeeld van een motorische controletaak is een aanwisttaak op de computer, waarbij met de muis op een doel geklikt moet worden. Vervolgens verspringt het doel naar een andere plaats op het beeldscherm en moet het daar weer aangeklikt worden. Een ander voorbeeld van een motorische controletaak is een volgtaak. Bij een volgtaak wordt bijvoorbeeld met een muis of met een pen en een 'tablet' een doel gevolgd dat over het scherm beweegt.

Uit een onderzoek naar schrijfbewegingen bleek dat rsi-patiënten minder vloeiend bewogen dan gezonde personen.²⁸ Bij een volgtaak op een computer bleken rsi-patiënten ook grotere fouten te maken dan de groep zonder klachten.²⁹ Jensen *et al.* vonden echter geen verschil bij de uitvoering van motorische controletaken tussen computergebruikers met klachten in de schouder, elleboog en hand, computergebruikers zonder klachten en niet-computergebruikers zonder klachten.³⁰ Van de methoden om proprioceptie te testen, werden bij rsi-patiënten bijna alleen motorische controletaken toegepast. Het nadeel van deze manier van testen is een grote gevoeligheid voor beïnvloeding door andere factoren, zoals concentratie, motivatie en visuele compensatie. Bovendien blijft het de vraag of rsi-patiënten een eventueel verminderde proprioceptie compenseren door een hogere inspanning te leveren (cocontractie), waardoor er geen verschil op prestaties op een taak gevonden kan worden.

Onderzoek van Bloemsaat *et al.* liet zien dat patiënten met rsi een taak op een grafisch tablet met een hogere druk op de pen uitvoerden dan gezonde personen.³¹ Het verhogen van de pendruk helpt, evenals cocontractie, om de nauwkeurigheid te handhaven, maar vraagt waarschijnlijk ook meer spieractiviteit. Er bestaan dus aanwijzingen in de literatuur dat rsi-patiënten een verminderde proprioceptie hebben en dat zij dit (deels) compenseren met verhoogde spieractiviteit. Vervolgonderzoek met behulp van functie-tests is noodzakelijk om een duidelijker beeld te krijgen van de proprioceptie bij rsi-patiënten. Daarnaast moet worden onderzocht in hoeverre rsi-patiënten cocontractie toepassen om taakprecisie te behouden.

Conclusie en aanbevelingen

Meer zekerheid over ontstaansmechanismen van rsi is belangrijk voor het opzetten van behandelplannen in de fysiotherapie. In dit artikel wordt een mogelijk ontstaansmechanisme besproken waarin proprioceptie een hoofdrol speelt. De literatuur biedt voldoende bewijs voor het optreden van een verminderde proprioceptie door vermoeidheid, maar bevestiging dat pijn tot soortgelijke veranderingen leidt is er onvoldoende. Ook onderzoek onder patiënten met rsi is schaars, al duidt het gevonden onderzoek wel op enige veranderingen in de proprioceptie en motorische controle. Tot nu toe worden veel verschillende behandelmethoden bij patiënten met rsi toegepast. De in dit artikel beschreven theorie suggereert dat bij de behandeling van rsi rekening gehouden moet worden met een

mogelijke stoornis in de proprioceptie. De theorie wordt echter nog slechts gedeeltelijk door de literatuur ondersteund. De resterende vraag is of bij deze patiënten een stijfheidstoename optreedt van de bovenste extremiteit als gevolg van een verminderde proprioceptie tijdens de uitvoering van precisietaken. Verhoogde stijfheid (door cocontractie) leidt tot een betere prestatie op de taak, maar kan tot een vicieuze cirkel leiden, waarin verhoogde spieractiviteit zichzelf in stand houdt. Daarom zou training van de proprioceptie en de coördinatie zinvol zijn bij de behandeling van patiënten met rsi. Hierbij moet het gaan om het aanleren van een coördinatiepatroon waarbij de spieractiviteit verlaagd of althans regelmatig onderbroken wordt. Biofeedback kan een hulpmiddel zijn om rsi-patiënten bewust te maken van de spieractiviteit of onvoldoende rust in de spieren. Onderzoek lijkt aan te wijzen dat de biofeedback dan wel geïntegreerd moet zijn in dagelijkse activiteiten (dus ambulante) en niet geïsoleerd in een intramurale setting.³² Daarnaast zou behandeling zich wellicht vooral moeten richten op taken, waarbij een hoge mate van precisie vereist is en het werktempo niet verlaagd kan worden.

In een recent artikel hebben gezonde proefpersonen bewegingen met de arm uitgevoerd, waarbij een spiegel ervoor zorgde dat er een verschil gecreëerd werd tussen de sensorische en motorische waarneming.³³ Dit onderzoek vormde ondersteuning voor de hypothese dat een motorisch-sensorisch conflict pijn en sensorische verstoringen kan veroorzaken. Een voor de hand liggend advies is het herstellen van de foutieve informatiekoppeling door te trainen met specifieke sensorische en motorische trainingsprogramma's. Deze methode, die eerder succesvol is toegepast bij cva-patiënten, lijkt geschikt om de proprioceptie weer op te bouwen.³⁴ Naar deze theorie is op dit moment nog weinig onderzoek gedaan. Wel is duidelijk dat trainingseffecten van dit soort oefeningen specifiek zijn en zich niet laten generaliseren naar andersoortige taken. In een experiment zou getest kunnen worden of een dergelijke training bij rsi-patiënten daadwerkelijk tot een verbeterde proprioceptie en vermindering van klachten leidt. Op dit moment wordt binnen de Faculteit der Bewegingswetenschappen in Amsterdam onderzoek gedaan naar de proprioceptie van rsi-patiënten. Bij dit onderzoek wordt zowel gebruik gemaakt van motorische controletaken als van een functietest.

Abstract

Reduced proprioception in repetitive strain injury

Sustained muscle activity and/or muscle damage result in the accumulation of metabolites and electrolytes, which can activate nociceptive afferents. This may initiate a feedback loop, leading to reduced muscle spindle sensitivity to changes in muscle length and resulting in a loss of proprioceptive acuity and less efficient coordination. The latter might be compensated for in precision tasks by increased muscle activity (co-contraction) to maintain performance, which would close a vicious circle leading to repetitive strain injury (rsi).

A literature study supported the assumed relationship

between fatigue and reduced proprioception as a result of reduced muscle spindle sensitivity. The relationship between tissue damage and proprioception is less well studied but, in general, pain causes inhibition of muscle activity, which would break the vicious circle. However, task constraints, such as precision demands and work pressure, may prevent this adaptation in muscle activity. Little research has been performed into changes in proprioception in RSI or similar musculoskeletal disorders.

Less fluent and inaccurate movement and position control provide indirect evidence for such changes in proprioception, and the observation that patients apply more pressure on a pen when writing is indicative of a compensatory strategy involving increased muscle tension. More research into proprioceptive changes in individuals affected by RSI is necessary. If the proposed theory is confirmed, the treatment of RSI should incorporate the training of coordination and sensorimotor processing.

Key words
proprioception
RSI
coordination
fatigue

Literatuur

- 1 Kenniscentrum AKB. CANS Nieuwe terminologie en indeling van arm-, nek- en/of schouderklachten Rotterdam: Kenniscentrum AKB; 2004.
- 2 Blatter BM, Bongers PH, Dieën JH van, Kempen PM van, Kraker H de, Miedema H, et al. RSI-maatregelen: preventie, behandeling en reïntegratie [programmeringsstudie in opdracht van de ministeries van Sociale Zaken en Werkgelegenheid en van Volksgezondheid, Welzijn en Sport]. 's-Gravenhage: Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid; 2004.
- 3 Gezondheidsraad. RSI. 's-Gravenhage: Gezondheidsraad; 2000.
- 4 Johansson H, Arendt-Nielsen L, Bergenheim M, Djupsjöbacka M, Gold JE, Johansson H, et al. Epilogue: an integrative model. Chronic work-related myalgia. Neuromuscular mechanisms behind work-related chronic muscular syndromes. Gävle, Sweden: Gävle University Press; 2003. p. 291-300.
- 5 Dijk FJH van, Dormolen M van, Kompier MAJ, Meijman TF. Herwaardering model belasting-belastbaarheid. Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde. 1990;68:3-10.
- 6 Hoozemans MJM, Visser B, Huysmans MA, Speklé EM, Dieën JH van. Spierbelasting en RSI. Geneeskunde en Sport. 2005;38:7-13.
- 7 Pedersen J, Ljubisavljevic M, Bergenheim M, Johansson H. Alterations in information transmission in ensembles of primary muscle spindle afferents after muscle fatigue in heteronymous muscle. Neuroscience. 1998;84:953-9.
- 8 Selen LP, Beek PJ, Dieën JH van. Can co-activation reduce kinematic variability? A simulation study. Biol Cybern. 2005;93:373-81.
- 9 Johansson H, Sjolander P, Djupsjöbacka M, Bergenheim M, Pedersen J. Pathophysiological mechanisms behind work-related muscle pain syndromes. Am J Int Med. 1999;Suppl 1:104-6.
- 10 Jensen BR, Laursen B, Sogaard K. Aspects of shoulder function in relation to exposure demands and fatigue - a mini review. Clin Biomech. 2000;1:17-20.
- 11 Pedersen J, Lonn J, Hellström F, Djupsjöbacka M, Johansson H. Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder. Med Sci Sports Exerc. 1999;31:1047-52.
- 12 Carpenter JE, Blasler RB, Pellizzon GG. The effects of muscle fatigue on shoulder joint position sense. Am J Sports Med. 1998;26:262-5.
- 13 Hägg G. Static work loads and occupational myalgia - a new explanation model. Electromyographical kinesiology. Amsterdam: Elsevier Science; 1991. p. 141-3.
- 14 Farina D, Zennaro D, Pozzo M, Merletti R, Laubli T. Single motor unit and spectral surface EMG analysis during low-force, sustained contractions of the upper trapezius muscle. Eur J Appl Physiol. 2006;96:157-64.
- 15 Rosendal L, Blangsted AK, Kristiansen J, Sogaard K, Langberg H, Sjogaard G, Kjaer M. Interstitial muscle lactate, pyruvate and potassium dynamics in the trapezius muscle during repetitive low-force arm movements, measured with microdialysis. Acta Physiol Scand. 2004;182:379-88.
- 16 Bjorklund M, Crenshaw AG, Djupsjöbacka M, Johansson H. Position sense acuity is diminished following repetitive low-intensity work to fatigue in a simulated occupational setting. Eur J Appl Physiol. 2000;81:361-7.
- 17 Djupsjöbacka M. Effects of physical work exposure on proprioception. Chronic work-related myalgia Neuromuscular mechanisms behind work-related chronic muscular syndromes. Gävle, Sweden: Gävle University Press; 2003. p. 177-85.
- 18 Dieën JH van, Visser B, Hermans V. The contribution of task-

- related biomechanical constraints to the development of work-related myalgia. Chronic work-related myalgia. Neuromuscular mechanisms behind work-related chronic muscular syndromes. Gävle, Sweden: Gävle University Press; 2003. p. 83-93.
- 19 Birch L, Graven-Nielsen T, Christensen H, Arendt-Nielsen L. Experimental muscle pain modulates muscle activity and work performance differently during high and low precision use of a computer mouse. Eur J Appl Physiol. 2000;83:492-8.
 - 20 Birch L, Arendt-Nielsen L, Graven-Nielsen T, Christensen H. An investigation of how acute muscle pain modulates performance during computer work with digitizer and puck. Appl Ergon. 2001;32:281-6.
 - 21 Graven-Nielsen T, Svensson P, Arendt-Nielsen L. Effects of experimental muscle pain on muscle activity and co-ordination during static and dynamic motor function. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1997;105:156-64.
 - 22 Madeleine P, Lundager B, Voigt M, Arendt-Nielsen L. Shoulder muscle co-ordination during chronic and acute experimental neck-shoulder pain. An occupational pain study. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1999;79:127-40.
 - 23 Matre D, Arendt-Nielsen L, Knardahl S. Effects of localization and intensity of experimental muscle pain on ankle joint proprioception. Eur J Pain. 2002;6:245-60.
 - 24 Lund JP, Donga R, Widmer CG, Stohler CS. The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity. Can J Physiol Pharmacol. 1991;69:683-94.
 - 25 Sainburg RL, Ghilardi MF, Poizner H, Ghez C. Control of limb dynamics in normal subjects and patients without proprioception. J Neurophysiol. 1995;73:820-35.
 - 26 Messier J, Adamovich S, Berkinblit M, Tunik E, Poizner H. Influence of movement speed on accuracy and coordination of reaching movements to memorized targets in three-dimensional space in a deafferented subject. Exp Brain Res. 2003;150:399-416.
 - 27 Revel M, Andre-Deshays C, Minguet M. Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with cervical pain. Arch Phys Med Rehabil. 1991;72:288-91.
 - 28 Smeulders MJ, Kreulen M, Bos KE. Fine motor assessment in chronic wrist pain: the role of adapted motor control. Clin Rehabil. 2001;15:133-41.
 - 29 Brouwer B, Mazzoni C, Pearce GW. Tracking ability in subjects symptomatic of cumulative trauma disorder: does it relate to disability? Ergonomics. 2001;44:443-56.
 - 30 Jensen BR, Pilegaard M, Morsen A. Vibrotactile sense and mechanical functional state of the arm and hand among computer users compared with a control group. Int Arch Occup Environ Health. 2002;75:332-40.
 - 31 Bloemsaat JG, Ruijgrok JM, Galen GP van. Patients suffering from non-specific work-related upper extremity disorders exhibit insufficient movement strategies. Acta Psych. 2004;115:17-33.
 - 32 Hermens HJ, Hutten MMR. Muscle activation in chronic pain; its treatment using a new approach of myofeedback. Int J Ind Ergon. 2002;30:325-36.
 - 33 McCabe CS, Haigh RC, Halligan PW, Blake DR. Simulating sensory-motor incongruence in healthy volunteers: implications for a cortical model of pain. Rheumatology (Oxford). 2005;44:509-16.
 - 34 Carey LM, Matvas TA, Oke LE. Sensory loss in stroke patients: Effective training of tactile and proprioceptive discrimination. Arch Phys Med Rehabil. 1993;74:602-11.